



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ Offenlegungsschrift
⑯ ⑯ DE 198 47 844 A 1

⑯ Int. Cl.⁷:
C 08 L 77/00
C 08 K 3/00

DE 198 47 844 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 198 47 844.5
⑯ ⑯ Anmeldetag: 16. 10. 1998
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 20. 4. 2000

⑯ ⑯ Anmelder:
Wolff Walsrode AG, 29664 Walsrode, DE

⑯ ⑯ Erfinder:
Eggers, Holger, Dr., 29664 Walsrode, DE; Kaschel,
Gregor, Dr., 29699 Bomlitz, DE; Brandt, Rainer, Dr.,
29664 Walsrode, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑯ Polymerer, teilkristalliner thermoplastischer Werkstoff mit nanoskaligem Nukleierungsmittel und daraus hergestellte hochtransparente Formteile
- ⑯ Polymerer, teilkristalliner, thermoplastischer Werkstoff, der nukleierend wirkende Partikel im Größenbereich von weniger als 100 nm in dispergiert Form enthält und unter Verwendung dieses Werkstoffs hergestellte Formteile.

DE 198 47 844 A 1

Beschreibung

- Die vorliegende Erfindung betrifft einen polymeren, teilkristallinen thermoplastischen Werkstoff, der nukleierend wirkende Partikel im Größenbereich von weniger als 100 nm nanoskalige Nukleierungsmittel in dispergierter Form enthält.
- Hieraus gefertigte Formteile zeichnen sich durch eine hervorragende Transparenz bei hohem Glanz sowie eine hohe Dimensionsstabilität und Härte aus. Gegenstand der Erfindung sind daher auch Formteile, insbesondere Folien, die unter Verwendung des erfindungsgemäßen Werkstoffs Bereichsweise oder gänzlich, als ausschließlichem Bestandteil oder als Mischkomponente hergestellt werden. Vorteile gegenüber herkömmliche Nukleierungsmittel enthaltenden polymeren Werkstoffen liegen in der extrem feinkörnig und hochkristallin einstellbaren Kristallstruktur und insbesondere der damit einhergehenden Transparenz. Das Nukleierungsmittel selbst beeinflusst die Transparenz nicht.
- Nukleierungsmitteln für polymere, teilkristalline thermoplastische Werkstoffe kommt eine erhebliche Bedeutung zu. Sie bewirken eine hohe Keimbildungsrate und damit eine Kristallisationsgeschwindigkeit, die für einen weiten Temperatur-, d. h. Unterkühlungsbereich gegenüber nicht nukleierten Systemen deutlich erhöht ist. Sie führen bei üblichen industriellen Abkühlprozessen aus der Schmelze aufgrunddessen zu einem hohen Kristallisationsgrad. Dies ist am Beispiel von Polyamid 6 und den Nukleierungsmitteln Talcum und Kaolin in Kohan (Hrsg.), Nylon Plastics Handbook, Hanser Publishers, München 1995, dargestellt.
- Die anwendungstechnischen Vorteile von nukleierten polymeren Werkstoffen liegen in einer durch die kristallinen Anteile erhöhten Steifigkeit und Härte bei höherer Zähigkeit, Abriebfestigkeit und Oberflächenhärte sowie in einer durch die feinkristalline Struktur auch schon bei herkömmlichen Nukleierungsmitteln gegenüber nicht nukleierten polymeren Werkstoffen merklich verbesserten Transparenz und einem erhöhten Glanz der daraus hergestellten Formteile. Durch die schnelle und weitgehende Kristallisation während der Abkühlung aus der Schmelze ist der größte Teil des Kristallisationsvorgangs im Formteil bereits mit dem Formgebungsprozeß abgeschlossen. In nicht nukleierten Systemen kann sich hingegen wegen der im Verhältnis zur Kristallisationsgeschwindigkeit zu schnellen Abkühlung ein metastabiler Zustand ergeben, der zu einer Nachkristallisation des Formteils über einen längeren Zeitpunkt im Anschluß an das Formgebungsverfahren führt. Durch die mit einer Kristallisation einhergehende Verringerung des spezifischen Volumens des Polymers kommt es so zu einem Nachschrumpf des entsprechenden Formteils. Dies ist grundsätzlich unerwünscht. Daneben lassen viele Formgebungsprozesse wie beispielsweise das Spritzgießen höhere Fertigungsgeschwindigkeiten bei schneller kristallisierenden Formmassen zu.
- Der Einsatz von nukleierenden Systemen, insbesondere in Form dispergierter feinteiliger anorganischer fester Partikel ist Stand der Technik. WO 8802763 nennt hier insbesondere Talcum, Mica, Kaolin und in zweiter Linie solche Substanzen wie Asbest, Aluminium, Silikate, Silberbromid, Graphit, Molybdendisulfid, Lithiumfluorid, Natriumphenylphosphinat, Magnesiumoxid, Quecksilberbromid, Quecksilberchlorid, Cadmiumacetat, Bleiacetat, Silberchlorid, Kieselgur und dergleichen. Genannte Systeme werden in Konzentrationen zwischen einem Tausendstel Prozent und einem Prozent, bezogen auf das Gesamtgewicht des nukleierten Polymers hinzugegeben.
- Zusätzlich zu den als Kristallisationskeime dienenden festen Partikeln werden häufig plastizierende Substanzen dem Polymeren hinzugegeben. Auf diese Weise läßt sich die Glasübergangstemperatur des Polymeren absenken und der Temperaturbereich, in dem noch ein Kristallwachstum um die Keime erfolgen kann, zu niedrigeren Temperaturen hin ausweiten. Dies führt zwar nicht zu einem feinkörnigeren Gefüge als ohne die Zugabe solcher Substanzen aber zu einer insgesamt höheren Kristallinität bei gleicher Sphärolithzahl. Geeignete Substanzen sind beispielsweise Polymere mit einer Molmasse, die dem Polymer eine wachsartige Konsistenz verleiht. Es können Polyolefine, Polyoxide, Polysulfide und/oder Fettsäurederivate, insbesondere Fettsäureamide, verwendet werden.
- Beispielsweise für Polyamid wird überwiegend Talcum als Nukleierungsmittel eingesetzt. Die Größe der verwendeten Partikel liegt dabei im Bereich von etwa 1 bis 5 µm, typische Beladungen des Polyamid reichen von einem Tausendstel bis etwa einem Zehntel Gewichtsprozent. Darüber hinausgehende Beladungen erweisen sich aus verschiedenen Gründen als nicht sinnvoll. So läßt sich oberhalb eines Anteils von etwa 1000 ppm eine weitere Beschleunigung der Kristallisation nicht erzielen, hingegen wirken die Partikel aufgrund ihrer Größe und dem gegenüber der polymeren Matrix unterschiedlichen Brechungsindex selbst stark eintrübend. Als plastizierende Komponente im oben beschriebenen Sinn wird häufig ein Fettsäureamid, insbesondere Ethylenbisstearylamin, hinzugefügt. Durch die Oberflächenmodifikation der Partikel, z. B. mit Zitronensäure kann die Keimbildung verbessert werden.
- Auch die Zugabe sehr feinkörniger fester Partikel im Größenbereich von unterhalb eines Mikrometers in polymere Matrizen und speziell Polyamide ist seit längerem bekannt. Solche Systeme werden in erster Linie zur Erhöhung der mechanischen Steifigkeit, der Barriere gegen Gase und der Wärmebeständigkeit sowie zur Verringerung der Zykluszeit etwa beim Spritzgießen, der Entflammbarkeit oder der Feuchtigkeitsaufnahme bei hydrophilen Systemen eingesetzt. Auch Systeme, die im Gegensatz zu obengenannten nukleierten Polyamiden trotz höherdosiertem Zusatz der nanoskaligen Partikel ihre Transparenz beibehalten, sind beschrieben.
- Nukleierend wirkende nanoskalige Füllstoffe bzw. deren Nutzen sind in der Literatur jedoch nicht beschrieben.
- EP 358 415 beschreibt eine Formmasse aus einem Polyamidharz mit einem darin gleichmäßig dispergierten Schichtsilikat, wobei die einzelnen Schichten des Schichtsilikats Dicken um 1 nm und Seitenlängen bis hinauf zu 1 µm aufweisen können. Die Schichten liegen in der Polyamidmatrix durch geeigneten Aufschluß separiert vor und weisen Abstände voneinander um 10 nm auf. Mit diesem Material aus Polyamid 6 als Basispolymer hergestellte Formteile wie beispielsweise Folien zeichnen sich gegenüber solchen aus reinem Polyamid 6 durch eine signifikant erhöhte Sauerstoffbarriere und Steifigkeit aus. Im gleichen Maße nimmt die Zähigkeit merklich ab. Die Gleiteigenschaften werden verbessert. Die Transparenz von einschichtigen amorph abgeschreckten Flachfolien sowie Blasfolien mit Wasserkühlung mit dem Aufbau Polyamidmischung/Haftvermittler/PE-LD bleibt gegenüber reinem Polyamid 6 unverändert.
- WO 9304118 sowie WO 9311190 und WO 9304117 offenbaren Polymer-Nano-Komposit mit ebenfalls plättchenförmigen Partikeln im Dickenbereich von wenigen Nanometern. Insbesondere werden Komposite aus PA 6 und Montmorillonit bzw. PA 6 und Silikaten beschrieben. Diese Materialien lassen sich zu Folien verarbeiten. Vorteile solcher Folien sind gegenüber solchen ohne nanoskalige Partikeln eine höhere Steifigkeit, eine höhere Festigkeit im feuchten Zustand,

DE 198 47 844 A 1

eine bessere Dimensionsstabilität, eine höhere Gasbarriere und eine geringere Wasseraufnahme. Eine Auswirkung der zugesetzten Partikel auf die Transparenz wird nicht beschrieben.

EP 810 259 beschreibt ebenfalls eine Polyamidformmasse mit nanodispersen Füllstoffen. Durch Zugabe genügend feinteiliger Oxide, Oxyhydrate oder Carbonate kann die dort gewünschte Barrierefunktion des Polyamids verbessert werden. Die Teilchen haben bevorzugt einen Durchmesser von weniger als 100 nm. Das Patent beschreibt auch mehrschichtige Folien mit wenigstens einer Schicht aus dieser Formmasse, wobei als Intention zur Verwendung genannter Formmassen stets eine Verbesserung der Sauerstoffbarriere steht. Die optischen Eigenschaften der daraus geformten Folien verschlechtern sich jedoch gegenüber dem nicht additivierten System.

WO 980346 beschreibt ebenfalls den Einsatz von nanodispersen Füllstoffen zur Verbesserung der Barriereeigenschaften von Polyestern. Ein solches Polymer mit einem darin zwischen 0,1 und 10% Anteil dispergierten plättchenförmigen Mineral und einer Partikeldicke von unterhalb 100 nm zeichnet sich durch eine hohe Sauerstoffbarriere und Festigkeit bei Erhalt der Transparenz aus und ist beispielsweise für die Herstellung von Verpackungsfolien geeignet.

Es stellt sich angesichts des Standes der Technik die Aufgabe, einen als Schmelze verarbeitbaren polymeren, teilkristallinen Werkstoff bereitzustellen, der bei typischen industriellen Formgebungsprozessen zu einem Formteil verarbeitbar ist, das eine sehr gute Transparenz, einen hohen Glanz, eine hohe Steifigkeit und Zähigkeit, eine hohe Härte und Abriebfestigkeit aufweist und nach der Formgebung nur in geringem Maße nachschrumpft.

Erfundungsgemäß gelang dies durch Bereitstellung eines Werkstoffs aus einem teilkristallinen Polymer mit einer darin dispergierten Phase aus anorganischen festen Partikeln, das dadurch gekennzeichnet ist, daß die Ausdehnung der Partikel in wenigstens einer für jedes Partikel beliebig wählbaren Richtung im zahlgewichteten Mittel aller Partikel weniger als 100 nm beträgt.

Erfundungsgemäß lassen sich die erfundungsgemäßen Werkstoffe aus einem teilkristallinen Polymer mit einer darin dispergierten Phase aus anorganischen festen Partikeln dadurch herstellen, daß man das Polymer enthaltend anorganische feste Partikel und gegebenenfalls weitere übliche Additive in einem Extruder aufschmilzt und dann das vollständig aufgeschmolzene Polymer mit einer Abkühlrate zwischen 30° und 40°C pro Minute abkühlt, wobei kristalline Strukturen entstehen.

Die nanoskaligen Partikel lassen sich bevorzugt im teilkristallinen Polymer mit üblichen, für die Dispersion von Feststoffen in Polymeren angewandten Verfahren einarbeiten.

Bevorzugt ist ein Werkstoff gemäß der Erfahrung erhältlich durch Aufschmelzen des Polymers enthaltend anorganische feste Partikel in einem Extruder und Abkühlen des vollständig aufgeschmolzenen Polymers mit einer Abkühlrate zwischen 30° und 40°C pro Minute.

Das teilkristalline Polymer kann ein beliebiges kristallisierbares Polymer sein. Gut geeignet sind Polymere, die aus der Gruppe der Polymere umfassend Polyamid, Polyethylen, auf Ethylen basierende Copolymere, Polypropylen, auf Propylen basierende Copolymere, Polyvinylchlorid, Polyacetale, Polyketone, Polyester und Copolyester und Polyurethan ausgewählt sind. Bevorzugt kann als teilkristallines Polymere Polyamid in Form aliphatischer oder aromatischer Homo- und Copolyamide und ihre Mischungen, insbesondere Polyamid 6, Polyamid 10, Polyamid 12, Polyamid 66, Polyamid 610, Polyamid 61, Polyamid 612, Polyamid 6/66, Polyamid 6/6T, Polyamid MXD 6, Polyamid 6/6I, Polyamid 6/6T, Polyamid 6/IPDI und Copolyamide oder Mischungen daraus Verwendung finden.

Die Vorteile der Erfahrung kommen besonders dann zum Tragen, wenn die nanoskaligen Partikel sehr klein gewählt werden.

Die Größe der Partikel ist daher bevorzugt kleiner als 50 nm, in noch weiter bevorzugter Form kleiner als 10 nm in wenigstens einer für jedes Partikel beliebig wählbaren Richtung im zahlgewichteten Mittel aller Partikel.

Die festen nanoskaligen Partikel weisen bevorzugt eine annähernd kugelige Form auf, sie können jedoch auch plättchenförmiger oder unidirektional ausgedehnter Gestalt sein. Auch amorphe Partikel sind einsetzbar. Es können auch Agglomerate aus solchen Partikeln zum Einsatz kommen.

Die festen nanoskaligen Partikel können eine modifizierte Oberfläche aufweisen, die eine erhöhte Affinität zum umgebenden Polymer ermöglicht.

Geeignete Zugabemengen der festen nanoskaligen Partikel liegen zwischen 10 und 10 000 ppm, bevorzugt zwischen 100 und 5 000 ppm, bezogen auf das Gesamtgewicht des Werkstoffs. Dabei war es überraschend, daß auch bei höheren Gehalten an nanoskaligen Partikeln im Werkstoff, die in daraus hergestellten Formteilen erzielbare Transparenz und der erzielbare Glanz nicht beeinträchtigt werden.

Neben den festen nanoskaligen Partikeln kann der Werkstoff auch weitere üblicherweise verwendete Additive in üblichen Mengen enthalten. Beispiele sind Gleitmittel, Stabilisatoren, Verarbeitungshilfen, Antiblockmittel, Füllstoffe, Farbstoffe und dergleichen. Besonders geeignet ist die Zugabe von makromolekularen Substanzen, die vor der Zugabe bei Raumtemperatur in wachsartigem Zustand vorliegen.

Der erfundungsgemäße Werkstoff läßt sich aus der Schmelze zu Formteilen, insbesondere Folien, verarbeiten. Diese Formteile können den Werkstoff bereichsweise oder durchgehend enthalten, sie können in den Werkstoff enthaltenden Bereichen aus dem Werkstoff allein oder als Mischung aus mehreren unterschiedlichen, erfundungsgemäßen Werkstoffen, mit weiteren Polymeren oder anderen Materialien bestehen.

Mit dem erfundungsgemäßen Werkstoff gelingt es, ein Material bereitzustellen, welches in typischen industriellen Formgebungsprozessen aus der Schmelze heraus zu hochkristallinen Formteilen führt, die sowohl eine hohe Steifigkeit, Härte und Abriebfestigkeit aufweisen als auch eine hohe Zähigkeit aufweisen. Dabei hat zwar grundsätzlich die Abkühlungsgeschwindigkeit einen Einfluß auf die Wirkung der nanoskaligen Partikel. Eine im Formteil erkennbare Wirkung auf die Eigenschaften tritt aber erst bei Abkühlungsgeschwindigkeiten von mehr als 200°C/s auf.

Es war nicht zu erwarten, daß die Formteile daneben auch über hervorragende Eigenschaften in den Punkten Transparenz und Glanz verfügen.

Die aus diesem Werkstoff herstellbaren Formteile zeichnen sich darüber hinaus auch durch einen überraschend niedrigen Schrumpf im Anschluß an das Formgebungsverfahren aus.

Der erfundungsgemäße Werkstoff läßt sich insbesondere gut zu flexiblen Folien verarbeiten. Folien mit einer oder

DE 198 47 844 A 1

mehreren mindestens einem derartigen Werkstoff allein oder in einem Gemisch enthaltenden Schichten sind daher auch Gegenstand der Erfindung.

Beispiele

5

Es wurden einschichtige Flachfolien aus Polyamid nach dem hierfür typischen Verfahren hergestellt. Die Formmasse wurde in einem Extruder aufgeschmolzen und durch eine Breitschlitzdüse auf eine temperierte, rotierende Gießwalze gegossen. Die Gießwalze hatte einen Durchmesser von 1100 mm, wobei die Folie die Gießwalze in einem Winkel von 190° umschlang. Die tangentiale Geschwindigkeit der Oberfläche der Gießwalze betrug 30 m/min. Die so hergestellten Folien haben eine Dicke von 50 µm.

10

Vergleichsbeispiel 1

Eine Folie aus Polyamid 6 wurde mit einer Gießwalzentemperatur von 30°C hergestellt. Das verwendete Polyamid 6 hat einen Kristallitschmelzpunkt von 220°C und eine relative Viskosität in 98%iger Schwefelsäure von 3,6. Es enthält 600 ppm Ethylenbisstearylamin und ist mit ca. 150 ppm Talkum nukleiert.

Vergleichsbeispiel 2

20 Die Folie aus Vergleichsbeispiel 1 wurde mit einer Gießwalzentemperatur von 100°C gefertigt. Alle anderen Bedingungen entsprechen Vergleichsbeispiel 1.

Beispiel 3

25 Mit den Fertigungsbedingungen wie in Vergleichsbeispiel 2 wurde eine Folie aus Polyamid 6 mit 0,2 Gew.-% Montmorillonit gefertigt. Der Montmorillonit liegt in aufgeschlossener Form dispergiert im Polyamid vor und bildet dort plättchenförmige Einheiten mit einer Dicke von ca. 1 nm und einem charakteristischen Durchmesser von ca. 100 bis 1 000 nm. Das Polyamid enthält kein weiteres Nukleierungsmittel.

30

Beispiel 4

Folie aus Beispiel 3 mit einer Gießwalzentemperatur von 30°C wie in Vergleichsbeispiel 1 gefertigt.

Beispiel 5

35

Folie aus Beispiel 3 mit einem Gehalt von 0,4% Montmorillonit.

Vergleichsbeispiel 6

40 Folie aus Vergleichsbeispiel 2 mit einem Polyamid 6 wie in Vergleichsbeispiel 2, das jedoch kein Talkum enthält. An den gefertigten erfindungsgemäßen Beispielen sowie den Vergleichsbeispielen wurden die folgenden Messungen vorgenommen.

45 – Zugmodul nach DIN EN ISO 527 in Längsrichtung der Folie als Maß für die Steifigkeit bei einem Prüfklima von 23°C und 0% relativer Feuchte in einem Zeitraum zwischen 24 und 36 Stunden nach Fertigung der Folie.

– Knickbruchfestigkeit als Maß für die Zähigkeit der Folie. Die Knickbruchfestigkeit wird bei einer Temperatur von 23°C und einer relativen Feuchte von 0% gemessen, indem ein Probenzuschnitt einlagig zu einem Zylinder der Länge 198 mm und einem Umfang von 280 mm aufgerollt und beidseitig in entsprechend geformten Halterungen eingespannt wird. Die freie Länge des von der Folie geformten Zylinders zwischen den Halterungen beträgt 192 mm. Unter gleichzeitiger Drehung um 440° um die den Zylinder beschreibende Symmetrieachse werden die Halterungen mit einer gegebenen Zahl von Zyklen und einer Frequenz von 35 Zyklen pro Minute auf einen Abstand von 40 mm einander angenähert. Die zu prüfenden Folien werden zuvor 3 Tage in einem Klima von 23°C und 0% relativer Luftfeuchte gehalten. Die Zahl der auf diese Weise in der Folie nach der vorgegebenen Zahl von Hüben entstandenen Knickbrüche lässt sich durch einseitiges Benetzen der Folie mit Ammoniaklösung bei gleichzeitigem Kontakt der anderen Folienseite zu einem Bogen Lichtpauspapier bestimmen. Die Zahl der nach 15 min erkennbaren, durch Ammoniak hervorgerufenen, blau-schwarzen Flecken auf dem Lichtpauspapier wird der Zahl der Knickbrüche im untersuchten Folienabschnitt zugeordnet. Der Wert wird dabei als Durchschnitt der Einzelwerte aus zwei Prüfmustern gewonnen.

50 – Schrumpf der Folie nach Wärmebehandlung in Wasser bei 121°C für 30 Minuten. Es wurde die Änderung der Länge eines quadratischen Folienabschnitts mit den Kantenlängen 100 mm bei 23°C und 0% relativer Feuchte durch Messung vor und nach der Wärmebehandlung sowohl in Längs- als in Querrichtung bestimmt und daraus ein auf die Fläche bezogener Schrumpfwert errechnet.

55 – Die Trübung nach ASTM D 1003.

60 – Glanz auf der gießwalzenseitigen Seite der Folie unter einem Winkel von 20° nach DIN 67 530.

65

Die Ergebnisse sind in untenstehender Tabelle zusammengefaßt:

DE 198 47 844 A 1

Eigenschaften der erfindungsgemäßen Beispiele und Vergleichsbeispiele

Merkmal (Einheit)	Beispiel (Bsp.) oder Vergleichsbeispiel (Vgl.)					
	Vgl. 1	Vgl. 2	Bsp. 3	Bsp. 4	Bsp. 5	Vgl. 6
Glanz (Glanzeinheiten)	155	121	163	166	164	105
Trübung (%)	0,4	7,5	0,7	0,5	0,5	12,3
Lochzahl nach 250 Hüben	1	8,5	2	1,5	3	11,5
E-Modul (MPa)	630	1490	1610	1530	1720	1450
Schrumpf (%)	9,3	3,4	2,3	2,7	2,0	4,6

Patentansprüche

1. Werkstoff aus einem teilkristallinen Polymer mit einer darin dispergierten Phase aus anorganischen festen Partikeln, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausdehnung der Partikel in wenigstens einer für jedes Partikel beliebig wählbaren Richtung im zahlgewichteten Mittel aller Partikel weniger als 100 nm beträgt.

2. Werkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das teilkristalline Polymer aus der Gruppe umfassend Polyamid, Polyethylen, auf Ethylen basierende Copolymeren, Polypropylen, auf Propylen basierende Copolymeren, Polyvinylchlorid, Polyacetate, Polyketone, Polyester und Copolyester und Polyurethan ausgewählt ist.

3. Werkstoff nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das teilkristalline Polymer aus der Gruppe umfassend Polyamid 6, Polyamid 10, Polyamid 12, Polyamid 66, Polyamid 610, Polyamid 6I, Polyamid 612, Polyamid 6/66, Polyamid 6I/6T, Polyamid MXD6, Polyamid 6/6I, Polyamid 6/6T, Polyamid 6/IPDI oder Copolyamiden oder Mischungen daraus ausgewählt ist.

4. Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausdehnung der Partikel in wenigstens einer für jedes Partikel beliebig wählbaren Richtung im zahlgewichteten Mittel aller Partikel weniger als 100 nm beträgt.

5. Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel in allen drei Raumrichtungen annähernd gleiche Ausdehnungen aufweisen.

6. Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil der Partikel, bezogen auf das Gesamtgewicht des Werkstoffs zwischen 10 und 10 000 ppm beträgt.

7. Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß er neben dem Polymer und den Partikeln weitere übliche Additive in üblichen Mengen enthält.

8. Formteil, daß wenigstens bereichsweise mindestens einen Werkstoff gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 oder eine mindestens einen Werkstoff gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 enthaltende Materialmischung enthält.

9. Folie, die wenigstens in einer Schicht mindestens einen Werkstoff gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 oder eine mindestens einen Werkstoff gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 enthaltende Materialmischung enthält.

10. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffes gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß man

- a) das Polymer enthaltend die anorganischen festen Partikel in einem Extruder aufschmilzt und
- b) dieses dann aus dem vollständig aufgeschmolzenen Zustand mit einer Abkühlrate zwischen 30° und 40°C pro Minute kristallisiert.

11. Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 7 erhältlich durch

- a) Aufschmelzen des Polymers enthaltend die anorganischen festen Partikel in einem Extruder und
- b) Abkühlen des vollständig aufgeschmolzenen Polymers mit einer Abkühlrate zwischen 30° und 40°C pro Minute.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -